

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD REGIONAL LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



TESIS

**Relación entre la pérdida de humedad y sobrevivencia de los
esclerocios de *Phymatotrichopsis omnivora*.**

Por:

HUGO JOAQUÍN ORDOÑEZ MELÉNDEZ.

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

Noviembre de 2009.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD REGIONAL LAGUNA
DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS
RELACIÓN ENTRE LA PÉRDIDA DE HUMEDAD Y SOBREVIVENCIA DE LOS
ESCLEROCIOS DE *PHYMATOTRICHOPSIS OMNIVORA*.

POR:

HUGO JOAQUÍN ORDÓÑEZ MELÉNDEZ.

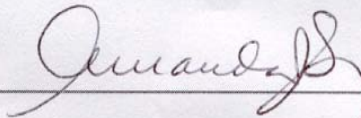
TESIS

QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

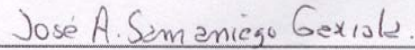
REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR.

ASESOR PRINCIPAL:



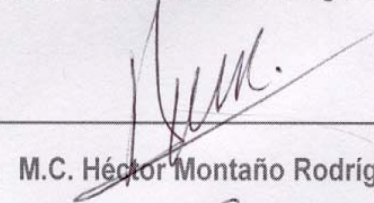
M.C. Amanda Jaramillo Santos.

ASESOR:



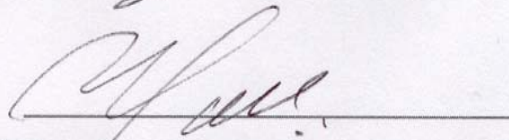
Dr. José Alfredo Samaniego Gaxiola.

ASESOR:

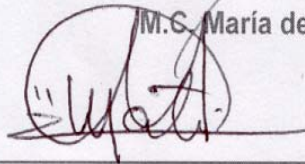


M.C. Héctor Montaña Rodríguez.

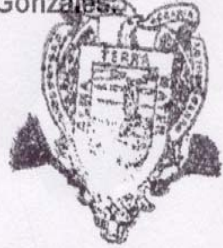
ASESOR:



M.C. María del Jesús Rivera González.



VICTOR MARTINEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS. 
Comité Asesor de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Noviembre de 2009.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD REGIONAL LAGUNA

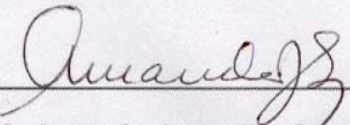
DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. HUGO JOAQUÍN ORDÓÑEZ MELÉNDEZ QUE SOMETE A LA
CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

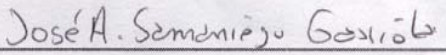
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

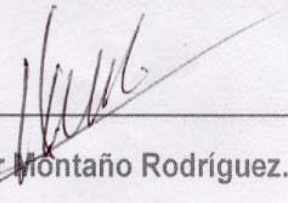
PRESIDENTE:


M.C. Amanda Jaramillo Santos.

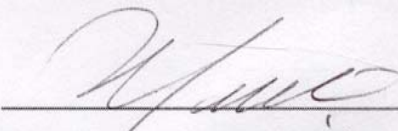
VOCAL:

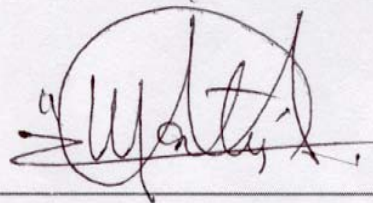

Dr. José Alfredo Samaniego Gaxiola.

VOCAL:


M.C. Héctor Montaña Rodríguez.

VOCAL:


M.C. María del Jesús Rivera González.



VICTOR MARTINEZ CUETO



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS.

Torreón, Coahuila, México

Noviembre de 2009.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios por darme la vida, salud y por las bendiciones recibidas, por acompañarme y aguardarme por el sendero del bien y del trabajo; y permitirme llegar a esta etapa de mi vida.

A mi Alama Terra Mater por haberme dado la oportunidad y facilitar la realización y culminación de mis estudios; por ello te llevare muy presente y pondré en alto tu nombre.

Un agradecimiento al Dr. José Alfredo Samaniego Gaxiola por la confianza que deposito en mi en la realización del presente trabajo, por su paciencia y su disposición muchas gracias.

*A mis asesores que me apoyaron en la realización del presente trabajo.
A la M.C. Amanda Jaramillo Santos, M.C. Héctor Montaña Rodríguez, M.C. María del Jesús Rivera Gonzáles, por el apoyo brindado en la revisión de este trabajo.*

A mis amigos Juan Terrón, Gabriel Juárez, Matuzalen Santiago, Javier Sanches, Idahi Ortiz, Elmi Velazquez, Lucero Aguilera, Lucia de Leon, David Pérez, Brenda Borrallas, Enrique Flores, Raquel Jiménez, Misael Moncada, Flor Covarrubias, José Luis Rivera, Cesar Pinales, Rafael Pinales, Osviel Gastelum, Felipe Muños, que fueron y son un apoyo en la escuela y en mi vida.

DEDICATORIA.

A mi Mama Rosa Maria Melendez Ávila. Que gracias a ella y su motivación logre culminar mis estudios, a ella dedico este trabajo.

Ya que ella siempre me tuvo confianza y me demostró que con esfuerzo se logra todo lo que uno quiera.

A mis hermanos Luz Aurora, Marcos Pablo, Agustín, ya que ellos fueron uno de los motivos por los cuales decidí terminar una carrera.

A Anselmo Estrada y familia ya que en momentos muy difíciles me supieron aconsejar y llamarme la atención lo cual agradezco.

A mi amigo incondicional Abdías Méndez Conde, que fue y es una de las personas importantes de mi vida ya que con sus consejos y su llamadas de atención e logrado obtener una mejor calidad de vida.

A Griselda Estrada Salgado, es la persona que me ha apoyado y tolerado en mis momentos de desesperación y que a estado conmigo sin la esperanza de recibir nada ha cambió.

A mis abuelos, Agustín Ordóñez, Dominga Palacios, ya que siempre que pudieron me aconsejaron y motivaron a superarme y ser alguien en la vida, además de ser siempre un ejemplo a seguir.

A mis tías, Delia Melendez, Blanca Melendez, que desde siempre me a dando consejos y me han alentado a superarme.

A todas las personas que siempre me apoyaron y me dieron consejos a ellos dedico este trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
HIPÓTESIS	8
OBJETIVOS.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
RESULTADOS.....	14
DISCUSION.....	32
CONCLUSIONES.....	38
LITERATURA CITADA.....	39

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza para la pérdida de peso en los cuatro tipos de esclerocios de <i>P. omnivora</i> en función del tiempo de desecación.....	14
Cuadro 2. Separación de medias para la pérdida de peso en los cuatro tipo de esclerocios de <i>P. omnivora</i> después de desecarse hasta por 60 minutos..	15
Cuadro 3. Separación de medias para de la pérdida de peso de los esclerocios de <i>P. omnivora</i> según el tiempo de desecación.....	15
Cuadro 4. Pérdida de peso (en mg) neta de por tipo de esclerocios desecados (minutos) a 28 °C.....	16
Cuadro 5. Análisis de varianza para la sobrevivencia de los esclerocios pequeños de <i>P. omnivora</i> en función del tiempo de su desecación y tratamientos posteriores.....	20
Cuadro 6. Separación de medias de la sobrevivencia de los esclerocios chicos de <i>P. omnivora</i> desecados y posteriormente expuestos a tratamientos.....	21
Cuadro 7 Análisis de varianza para la sobrevivencia de los esclerocios medianos de <i>P. omnivora</i> en función del tiempo de su desecación y tratamientos posteriores.....	23
Cuadro 8. Separación de medias de la sobrevivencia de los esclerocios medianos de <i>P. omnivora</i> desecados y posteriormente expuestos a tratamientos.....	24
Cuadro 9. Análisis de varianza para la sobrevivencia de los esclerocios grandes de <i>P. omnivora</i> en función del tiempo de su desecación y tratamientos posteriores.....	26

Cuadro 10. Separación de medias de la sobrevivencia de los esclerocios grandes de <i>P. omnivora</i> desecados y posteriormente expuestos a tratamientos.....	28
Cuadro 11. Análisis de varianza para la sobrevivencia de los esclerocios albinos de <i>P. omnivora</i> en función del tiempo de su desecación y tratamientos posteriores.....	30
Cuadro 12. Separación de medias de la sobrevivencia de los esclerocios albinos de <i>P. omnivora</i> desecados y expuestos posteriormente a tratamientos.....	31

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Supervivencia de los esclerocios de <i>P. omnivora</i> después de someterse a diferentes tiempos de desecación a 28 °C.....	17
Figura 2. Pérdida de peso de diferentes tipos de esclerocios de <i>P. omnivora</i> , grandes (G), medianos (M), pequeños (P) y albinos (A). Después de ser sometidos a desecación.....	18
Figura. 3 A-D. Relación entre la supervivencia y pérdida de peso de los diferentes tipos de esclerocios de <i>P. omnivora</i> , grandes (A), medianos (B), pequeños (C) y albinos (D).....	19
Figura 4. Supervivencia de los esclerocios pequeños de <i>P. omnivora</i> desecados hasta 60 minutos y, posteriormente someterse a los tratamientos (Testigo esclerocios colocados en arena (ANE), suelo a capacidad de campo (SH), suelo adicionado con glucosa (S+G) y solución de hipoclorito de sodio (NaOCl).....	22
Figura 5. Supervivencia de los esclerocios medianos de <i>P. omnivora</i> desecados hasta 60 minutos y, posteriormente someterse a los tratamientos (Testigo esclerocios colocados en arena (ANE), suelo a capacidad de campo (SH), suelo adicionado con glucosa (S+G) y solución de hipoclorito de sodio.....	25
Figura 6. Supervivencia de los esclerocios grandes de <i>P. omnivora</i> desecados hasta 60 minutos y, posteriormente someterse a los tratamientos (Testigo esclerocios colocados en arena (ANE), suelo a capacidad de campo (SH), suelo adicionado con glucosa (S+G) y solución de hipoclorito de sodio.....	28
Figura 7. Supervivencia de los esclerocios albinos de <i>P. omnivora</i> desecados hasta 60 minutos y, posteriormente someterse a los tratamientos (Testigo esclerocios colocados en arena (ANE), suelo a capacidad de campo (SH), suelo adicionado con glucosa (S+G) y solución de hipoclorito de sodio.....	31

RESUMEN

Esclerocios de *Phymatotrichopsis omnivora* fueron sometidos a desecación a 28 °C, ellos no sobrevivieron cuando el tiempo de desecación fue de dos horas o más. Los esclerocios fueron disminuyendo su sobrevivencia conforme se incrementó el tiempo de su desecación en períodos de tiempo de 5, 15, 30 y 60 minutos. Sin embargo, la sobrevivencia de los esclerocios desecados fue distinta de acuerdo a su tamaño o tipo. Los esclerocios desecados disminuyeron su sobrevivencia en el siguiente orden decreciente: pequeños, medianos, grandes y albinos. Mientras que, la pérdida de peso de los esclerocios desecados en orden descendiente fue: pequeños, medianos, albinos y grandes. La pérdida de peso de los esclerocios desecados se correlacionó con la pérdida de su sobrevivencia, las coeficiente de correlación de Pearson (R^2) fueron de 0,81, 0,87, 0,78 y 0,66 para los esclerocios grandes, medianos, pequeños y albinos, respectivamente. Esclerocios por tamaño y tipo se desecaron por períodos de 5, 15, 30 y 60 minutos y posteriormente se sometieron alguno de los siguientes tratamientos ninguno o testigo, inmerso en NaOCl al 0.3% durante 30 minutos, enterrados dos semanas en suelo a capacidad de campo y enterrados en suelo inundado adicionado con 2 mg g⁻¹ de glucosa. La sobrevivencia de los esclerocios después de someterse a los tratamientos disminuyó conforme se incrementó el tiempo previo de desecación, aunque cada tipo de esclerocio varió su sobrevivencia de acuerdo a cada tratamiento.

Palabras clave. *Phymatotrichopsis omnivora*, esclerocio, suelo, hongo, desecación, pudrición texana, sobrevivencia, micelio.

INTRODUCCIÓN

La pudrición texana nombre común con el que se conoce a los síntomas que muestran las plantas susceptibles al ataque de *Phymatotrichopsis omnivora* (Dugg.) Hennebert, se ha estudiado por décadas en La Laguna. Sin embargo, algunos aspectos relacionados con la capacidad para sobrevivir del hongo no se han abordado, particularmente la respuesta de los esclerocios cuando son sometidos a desecación.

Por lo general, cuando se utilizan esclerocios ellos se hacen reproducir bajo condiciones de laboratorio, y son cosechados, separados y almacenados hasta que son utilizados. Los esclerocios cosechados son de diferente tipo, unos son pigmentados y otros albinos, ambos tipos son de diferente tamaño, forma y agrupamiento. El tamaño de los esclerocios va desde muy pequeños < 1 mm a muy grandes > 5 mm; la forma va desde redondos a bacilar; mientras que su agrupamiento puede ser individual (sin agruparse) o formar grupos de dos, tres o hasta masas de más de 20 esclerocios.

Los esclerocios producidos en laboratorio se llegan a utilizar para inocular plantas buscando tolerancia o resistencia (Tarango y Herrera, 1998), durante la inoculación los esclerocios son temporalmente expuestos a suelo con bajo contenido de humedad. Sin embargo, se desconoce como los esclerocios de distinto tamaño responden a la desecación, específicamente si su sobrevivencia puede ser afectada.

Se sabe que los microesclerocios de *Verticillium dahliae* Kleb de distinto tamaño (chicos, medianos o grandes) pueden producir colonias de distinto tamaño y pueden sobrevivir de manera distinta, específicamente forman colonias de mayor tamaño y sobreviven más los microesclerocios grandes (Hawke y Lazarovits, 1994).

En consecuencia, el registro de la sobrevivencia de esclerocios de distinto tipo y tamaño expuestos a desecación, ayudaría a mejorar el manejo de los esclerocios como inóculo. Adicionalmente, se podría tener evidencia de que la desecación de los esclerocios disminuye sustancialmente su sobrevivencia y ello apoyaría y reforzaría la aplicación del subsoleo como una práctica para el control de la pudrición texana a nivel de cultivos en campo (Rush, 1984).

REVISIÓN DE LITERATURA

Numerosos trabajos se han realizado desde 1888 en el tema de pudrición texana causada por *Phymatotrichopsis omnivora*, desde entonces, la información generada ha sido recopilada por Lyda, (1978), Streets y Bloss (1973), Samaniego (2007). El hongo se distribuye en una amplia gama de tipos, condiciones y profundidad en los suelos (Alderman e Hine, 1982; Muller *et al.*, 1983; Percy, 1983; Samaniego, *et al.*, 2001).

De hecho, la enfermedad más importante del nogal en México es la pudrición texana (Herrera y Samaniego, 2002), ésta causa la muerte de árboles, induce un menor rendimiento de nuez en los nogales afectados, el agricultor gasta en tratamientos para manejar la enfermedad y adicionalmente tiene gastos durante el período en que los árboles tratados restablecen su rendimiento; todo ello constituyen las pérdidas ocasionadas por la enfermedad en este cultivo Samaniego *et al.* (2003). En La Laguna, tan solo por disminución en rendimiento de nuez en los nogales se estimaron pérdidas por 12 millones de pesos anualmente en 1998 (Samaniego y Herrera, 1998). El número de nogales afectados por pudrición texana en el norte de México se estimó en 450 mil (Herrera y Samaniego, 2002). Asimismo, la pudrición texana causa importantes pérdidas en otros cultivos susceptibles, tanto en México como en Estados Unidos, incluso restringe la explotación comercial de forrajes y frutales (Medina y Lagarda, 1979; Mulrean *et al.*, 1984; Prostko *et al.*, 1998; Tarango y Herrera, 1997)

Los síntomas de la enfermedad son similares en todos los frutales (Cebberos y Ramírez, 1980; Ramírez, 1991). La enfermedad se hace evidente en los meses calurosos del año y, los síntomas principales consisten en un amarillamiento tenue seguido por marchites y secamiento repentino del follaje. Las hojas se tornan de un color café claro, permaneciendo adheridas a la planta. Asimismo, los frutos también llegan a secarse quedando también adheridos. El hongo ataca las raíces de las plantas en donde se observa los cordones miceliales, los cuales son de color crema cuando recién formados a café cuando ya han matado las raíces de las plantas susceptibles. Las raíces afectadas se pudren completamente y se desprenden con facilidad al tratar de arrancarlas. Las plantas afectadas se observan generalmente en un patrón circular y después de un periodo de alta humedad del suelo, causado por exceso de riego o lluvia, puede aparecer el hongo sobre el suelo, junto a las plantas afectadas. La manera en la que aparece el hongo en la superficie del suelo es como masas costrosas de color blanco a café, denominadas éstas esporomasas (Ramírez *et al.*, 2006).

P. omnivora presenta tres estados biológicos: micelio (cordones), conidios y esclerocios (Barnett y Hunter, 1998; Ramírez *et al.*, 1995). Las hifas que constituyen el micelio son largas, gruesas y poseen varios núcleos; al entrelazarse forman cordones miceliales que pueden observarse sobre las raíces infestadas (Herrera y Arreola, 1989). Los cordones miceliales son estructuras de reposo y una de las formas de diseminación más importantes; de éstos cordones se desarrollan hifas en forma de cruceta, las cuales constituyen las características peculiares de identificación del patógeno. El micelio, al contactar las raíces,

invade y penetra los tejidos para causar la infección. Este hongo produce una masa de conidios (esporomasas) sobre la superficie del suelo cerca del hospedante, cuando prevalece un clima caluroso y húmedo. Estas esporas (conidios) han sido considerados estériles (Streets y Bloos, 1973.), pero se sospecha que pueden servir para establecer nuevas fuentes de infección (Nelson, 1984).

Los esclerocios consisten de un conjunto de hifas agrupadas estrechamente y su forma varía de alargada a esférica; son estructuras de supervivencia, con una viabilidad mayor de 12 años y requieren ciertas condiciones de pH del suelo para su formación (Herrera, 1981, Streets y Bloos, 1973). Estas estructuras al igual que los cordones miceliares constituyen el estado de reposo del hongo.

Distintos métodos de manejo de la pudrición texana se han evaluado como la aplicación de fungicidas y fumigantes (Galván, 1985, 1990; Herrera, 1974, 1989; Herrea y Samaniego, 2002; Lyda y Burnett, 1970; Valle, 1977; Whitson e Hine, 1986), la incorporación al suelo de abonos frescos (Chavez *et al.*, 1976), la aplicación al suelo de estiércoles (Herrera, 1989), la rotación de cultivos (Rush y Gerik, 1989), el subsoleo (Rush, 1984), antes de 1973 la incorporación en el suelo de aceites, sales y solventes (Streets y Bloss, 1973), aplicación de fertilizantes (Olsen, *et al.*, 1988), en el caso de frutales la poda de los árboles (Herrera, 1989), otros que combinan uno o más métodos o modificaciones de algunos métodos señalados (Herrera y Samaniego, 2002), entre otros.

No obstante, el gran número de métodos evaluados para el control de pudrición texana, hasta ahora, no se cuenta con métodos prácticos cuando la enfermedad se manifiesta de manera severa en los cultivos agrícolas (Fundación Noble, 2005; Samaniego, 2007). Sin embargo, condiciones de suelo y prácticas de manejo que favorecen a los cultivos se han asociado con menor expresión de plantas enfermas (Galván, 1986; Medina, 1984; Medina y Aguilar, 1985; Samaniego *et al.*, 2001; Smith y Hallmark, 1987).

La apropiada humedad disponible en el suelo y la frecuencia de riegos parecen favorecer a los cultivos agrícolas y desfavorecer la expresión de síntomas de pudrición texana (Samaniego *et al.*, 2001; Smith y Hallmark, 1987).

Algunos factores que pueden inducir la muerte de los hongos que habitan el suelo y atacan raíces de plantas lo son; los ciclos de humedecimiento y desecado, la inundación, la adición de carbohidratos solubles en suelo, el exponerse *in vitro* a dosis sub-letales de fungicidas o desinfectantes (NaOCl). Aunque los factores mencionados, también pueden inducir la excreción de sus reservas incluyendo glucosa, lo que trae también como consecuencia la pérdida de su sobrevivencia (Filonow y Lockwood, 1979; Henis y Papavizas, 1983; Mondal *et al.*, 1995; Mondal y Hyakumachi, 1998). Por tanto, es posible que la exposición de los esclerocios de *P. omnivora* a factores de estrés, como lo es el someterlos a desecación, logren incrementar la pérdida de su sobrevivencia. Los esclerocios después de ser sometidos a estrés de desecación, también podrían requerir cantidades menores de carbohidratos adicionados al suelo, disminuir el tiempo de exposición al NaOCl, a otros químicos o a la inundación para inducir su muerte.

Para *P. omnivora*, no se ha estudiado la posible relación entre su desecación con su sobrevivencia. Tanto *P. omnivora* como *Sclerotium rolfsii* son hongos que habitan el suelo, tienen esclerocios con un anillo y médula, son capaces de atacar a una gran cantidad de plantas distintas, pero ambos hongos pudiesen ser muy distintos en su sobrevivencia al ser sometidos a desecación. Por ejemplo, los esclerocios de *S. rolfsii* puede sobrevivir casi por completo después de ser desecados durante cuatro meses (Maiti y Sen 1988), pero muy posiblemente los esclerocios de *P. omnivora* no lo puedan hacer ni siquiera una semana.

HIPÓTESIS. Las hipótesis del presente trabajo son:

- a) la sobrevivencia de los esclerocios de *P. omnivora* sometido a desecación será afectada de manera distinta de acuerdo a su tamaño y pigmentación;
- b) al incrementar el tiempo de desecación de los esclerocios, su sobrevivencia disminuirá.
- c) tratamientos de estrés adicionales a la desecación incrementarán la pérdida de sobrevivencia de los esclerocios.

OBJETIVOS. Los objetivos del presente trabajo son:

- a) Determinar la pérdida de peso y sobrevivencia de esclerocios de distinto tamaño y pigmentación de *P. omnivora* expuestos a diferentes tiempos de desecación;
- b) determinar la sobrevivencia de los esclerocios después de desecarse y someterse posteriormente a los siguientes tratamientos de estrés, suelo a capacidad de campo, suelo inundado y adicionado con glucosa y ser inmersos en una solución de NaOCl.

MATERIALES Y MÉTODOS

Reproducción y manejo de los esclerocios. En frascos de vidrio de un litro se mezcló 600 g de arena cernida en tamiz de malla 16 con 1.8 g de carbono activado, luego se colocó encima 80 g de semilla de sorgo limpia que previamente fue humedecida dos días en agua; posteriormente, se vertió agua destilada hasta saturar el suelo. Enseguida, los frascos fueron esterilizados una hora durante dos días consecutivos, inmediatamente se les añadió micelio de *P. omnivora* de 15 días de crecido en medio de cultivo PDA a $28 \pm 1^\circ\text{C}$ (el contenido de 1/2 placa por frasco). Los frascos inoculados se incubaron nueve semanas antes de recobrase los esclerocios. Del contenido de los frascos se les quitó el sorgo y el micelio y, el resto se colocó en un tamiz de malla 16 lavándolos a chorro de agua corriente. Los esclerocios que permanecieron en el tamiz fueron nuevamente lavados exhaustivamente eliminando los residuos de sorgo y cordones visibles.

Los esclerocios limpios se colocaron inmersos en agua destilada en un frasco de un litro a temperatura de 10°C .

Enseguida, durante los siguientes 30 días, los esclerocios fueron seleccionados y 25 de ellos inmersos en 10 ml de agua destilada dentro de viales de 20 ml, se almacenaron a 10°C hasta su uso. Cada vial constituyó una repetición de los experimentos establecidos, los cuales iniciaron 10 días después de haber obtenido los primeros viales con esclerocios, en todos los tratamientos de cada experimento se hicieron cuatro repeticiones. Desde el establecimiento del primero hasta el último experimento transcurrieron 12 semanas.

Selección de esclerocios. Visualmente cuatro clases de esclerocios fueron seleccionados con las características siguientes: grandes, medianos pequeños y albinos. Estos últimos fueron esclerocios no pigmentados, de color crema. Viales con 25 esclerocios fueron seleccionados para los experimentos y tratamientos correspondientes.

En un primer experimento fueron seleccionados los cuatro tipos de esclerocios, al término de este experimento, para evaluar esclerocios en experimentos sucesivos fueron seleccionados en el siguiente orden: chicos, medianos, grandes y albinos. Los esclerocios albinos fueron seleccionados asemejando el tamaño de los esclerocios medianos.

Pruebas preliminares de desecación. Esclerocios de tamaño medio fueron desecados usando papel absorbente y una vez sin agua visible a su alrededor fueron sometidos a desecación durante 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 días a una temperatura de 28°C. En otras pruebas los esclerocios se desecaron durante 1, 3, 6 y 24 horas; para finalmente, desecar otros esclerocios durante 2, 5, 10, 15, 30 y 60 minutos.

Inmediatamente después del período de desecación a temperatura constate los esclerocios se volvieron a pesar. Asimismo, estos esclerocios fueron colocados en cajas Petri que contenían arena húmeda (saturada) e incubados hasta 10 días a 28°C, tiempo durante el que los esclerocios fueron revisados para determinar su germinación.

Aquellos esclerocios que lograron formar por lo menos un cordón micelial se consideraron como viables (sobrevivieron). En contraste, los esclerocios que no formaron cordones y fueron invadidos por otros organismos fueron tomados como inviables.

Tiempo de desecación. Los cuatro tipos de esclerocios fueron desecados en tiempos que permitieron alguna sobrevivencia, de acuerdo a las pruebas preliminares. Los esclerocios procedentes de los viales, fueron secados usando papel absorbente y una vez sin agua visible a su alrededor fueron sometidos a desecación durante 0, 5, 15, 30 y 60 minutos a una temperatura de 28°C. Los esclerocios se pesaron justo antes de desecarlos (25 por vial) e inmediatamente después de terminar su período de desecación, para ello, se utilizó una balanza analítica (hasta décima de miligramo).

Luego de pesar los esclerocios fueron colocados en cajas Petri que contenían arena húmeda (saturada) e incubados hasta 10 días a 28°C, tiempo durante el que los esclerocios fueron revisados para determinar su germinación. Aquellos esclerocios que lograron formar por lo menos un cordón micelial se consideraron como viables (sobrevivieron).

En contraste, los esclerocios que no formaron cordones y fueron invadidos por otros organismos fueron tomados como inviables. Por tanto, el experimento se condujo en este caso con esclerocios desecados (cuatro tiempos) por tipo de esclerocios (cuatro tipos).

Tipos de esclerocios expuestos a desecación y tratamientos. Cada tipo de esclerocio fue desecado durante 15, 30 y 60 minutos a 28 °C, inmediatamente después fueron sometidos a alguno de los siguientes tratamientos: a) ninguno; b) suelo adicionado con glucosa, los esclerocios se colocaron en el fondo de frascos de vidrio de un litro, luego se adicionó 400 g de arena cernida en tamiz de malla 16, enseguida se añadió 40 ml de una solución de glucosa equivalente a 2 mg g⁻¹ p/p con respecto al suelo, a continuación se adicionó otros 40 ml de agua destilada a cada frasco, después los frascos se incubaron 14 días a 28 °C; c) suelo no inundado, esta forma fue similar a la precedente, excepto porque a los frascos con los esclerocios únicamente se les adicionó 40 ml de agua destilada para dar capacidad de campo; d) solución de NaOCl, en una solución de NaOCl grado comercial (6%) a concentración de 50 ml L⁻¹ se colocaron inmersos los esclerocios durante cuatro horas a 28 °C. Al finalizar los tratamientos, inmediatamente los esclerocios se colocaron en arena húmeda para determinar su sobrevivencia.

En este caso, se realizaron cuatro experimentos cada uno correspondió a cada tipo de esclerocios. En cuyo caso particular los esclerocios se desecaron (tres tiempos) por tratamientos (cuatro tipos). Los esclerocios pequeños, medianos, grandes y albinos fue el orden en el que después de desecarse se aplicaron los tratamientos. Entre cada tipo de esclerocio al que se le aplicaron los tratamientos transcurrió un intervalo de tiempo de dos semanas.

Forma de realización del experimento.

Tipos de esclerocios.	Tiem. (Minuts)	Tratamientos.															
		ANE				SH				S+G				NaOCl			
		Repeticiones				Repeticiones				Repeticiones				Repeticiones			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Esclerocios pequeños.	0	1	54	42	48	30	19	24	56	37	13	26	28	60	9	52	40
	15	35	20	32	62	16	39	46	61	53	50	38	47	49	34	57	44
	30	3	11	10	12	14	41	45	8	31	25	17	4	15	29	5	21
	60	64	36	59	51	18	58	55	63	23	43	7	6	27	33	2	22
Esclerocios medianos.	0	64	18	23	27	3	14	31	15	35	16	53	49	1	30	37	60
	15	51	63	6	22	12	8	4	21	62	61	47	44	48	56	28	40
	30	59	55	7	2	10	45	17	5	32	46	38	57	42	24	26	52
	60	36	58	43	33	11	41	25	29	20	39	50	34	54	19	13	9
Esclerocios Grandes.	0	52	2	24	57	45	17	26	55	42	7	38	46	32	10	5	59
	15	40	22	56	44	8	4	28	63	48	6	47	61	62	12	21	51
	30	60	27	30	49	14	31	37	18	1	23	53	16	35	3	15	64
	60	9	33	19	34	41	25	13	58	54	43	50	39	20	11	29	36
Esclerocios Albinos.	0	5	24	12	35	39	1	20	59	48	53	16	11	40	22	31	7
	15	19	60	34	4	27	14	50	58	43	3	6	32	49	21	28	54
	30	52	64	15	57	30	25	55	29	2	18	56	8	36	45	9	38
	60	47	63	42	26	44	46	61	33	23	62	41	13	10	17	51	37

((ANE) Arena no estéril, (SH) Suelo Húmedo, (S+H) Suelo mas Glucosa, (NaOCl) Solución con Hipoclorito de sodio al 5%.

Análisis de los datos. La sobrevivencia de los esclerocios se expresó como porcentaje y a sus valores se aplicó una transformación arco-seno. Cada experimento fue analizado en un diseño completamente al azar y un arreglo factorial; las medias de tratamientos fueron separadas con DMS. El análisis estadístico se realizó con la ayuda del programa SAS (SAS, Institute 1988).

RESULTADOS

Los resultados de las pruebas preliminares mostraron que los esclerocios de *Phymatotrichopsis omnivora* sometidos a un tiempo de desecación superior a una hora no pudieron sobrevivir.

La pérdida de peso de los esclerocios grandes (G), medianos (M), pequeños (P) y albinos (A) sometidos a desecación durante 5, 15, 30 y 60 minutos, indican diferencia estadística altamente significativa para las variables tipo de esclerocios y tiempo de desecación **Cuadro1**, más no así para la interacción entre estas variables.

Cuadro 1. Análisis de varianza para la pérdida de peso en los cuatro tipos de esclerocios de *P. omnivora* en función del tiempo de desecación

Variabes	GL	CM	F	P ≤
Tipo de esclerocios	3	497.25	31.82	<0.001
Tiempo de desecación	3	1668.94	106.79	<.0001
Interacción	9	14.54	0.93	0.5076

Cv 20.87

La pérdida de peso en los cuatro tipos de esclerocios al finalizar su desecación fue estadísticamente diferente entre cada uno de ellos, aunque la pérdida de peso de los esclerocios pequeños (26 %) fue más del doble que la de los grandes (13%) **Cuadro 2.**

Cuadro 2. Separación de medias para la pérdida de peso en los cuatro tipo de esclerocios de *P. omnivora* después de desecarse hasta por 60 minutos

Tipo de esclerocio	Media [†]	Agrupamiento [‡]
Grande	13	c
Mediano	19	b
Pequeño	26	a
Albino	17	b

[†] Media de cuatro repeticiones, expresada como porcentaje de la pérdida de peso.

[‡] Letras distintas indican medias diferentes según la prueba Diferencia Mínima Significativa ($P \leq 0.05$).

La exposición de los esclerocios a cuatro tiempos (5, 15, 30 y 60 minutos) de desecación indujo una pérdida de su peso estadísticamente diferente en función de cada tiempo **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Separación de medias para de la pérdida de peso de los esclerocios de *P. omnivora* según el tiempo de desecación

Tiempo (minutos)	Media [†]	Agrupamiento [‡]
5	9	d
15	14	c
30	20	b
60	33	a

[†] Media de cuatro repeticiones, expresada como porcentaje de la pérdida de peso.

[‡] Letras distintas indican medias diferentes según la prueba Diferencia Mínima Significativa ($P \leq 0.05$).

Sin embargo, la pérdida de peso neta por tipo de esclerocio y tiempo de desecación indica que los esclerocios grandes perdieron más peso que los medianos y estos últimos más que los pequeños como expresa en el **Cuadro 4**.

Cuadro 4. Pérdida de peso (en mg) neta de por tipo de esclerocios desecados (minutos) a 28 °C

Minutos	Tipo de esclerocios			
	Grandes	Medianos	Pequeños	Albinos
5	10.2	6.7	4.7	6.1
15	21.7	12.9	8.8	11.7
30	32.2	21.3	13.5	15.4
60	53.1	31.5	14.8	27.4

Datos promedio de dos experimentos, cada uno con cuatro repeticiones y cada repetición fue de 25 esclerocios.

La sobrevivencia de los esclerocios se vio afectada por el tiempo de desecación al que cada tipo de esclerocio fue sometido **Figura 1**, ahí se observa que a mayor tiempo de desecación menor fue la sobrevivencia de todos los tipos de esclerocios.

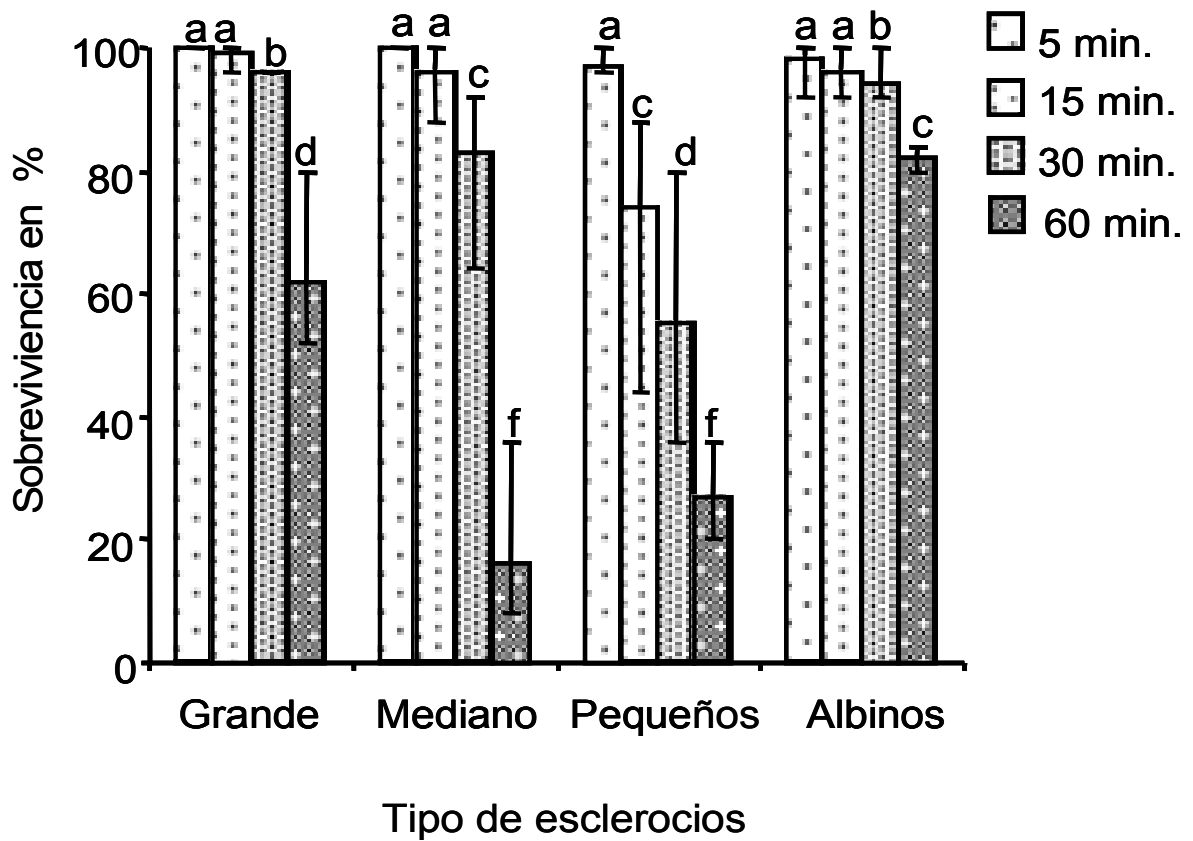


Figura 1. Supervivencia de los esclerocios de *P. omnivora* después de someterse a diferentes tiempos de desecación a 28 °C. Letras distintas significan medias estadísticamente diferentes según la prueba Diferencia Mínima Significativa $P = 0.05$.

La dinámica de pérdida de peso de los esclerocios se incrementó al aumentar el tiempo de desecación a la que se sometió cada tipo de esclerocio

Figura 2.

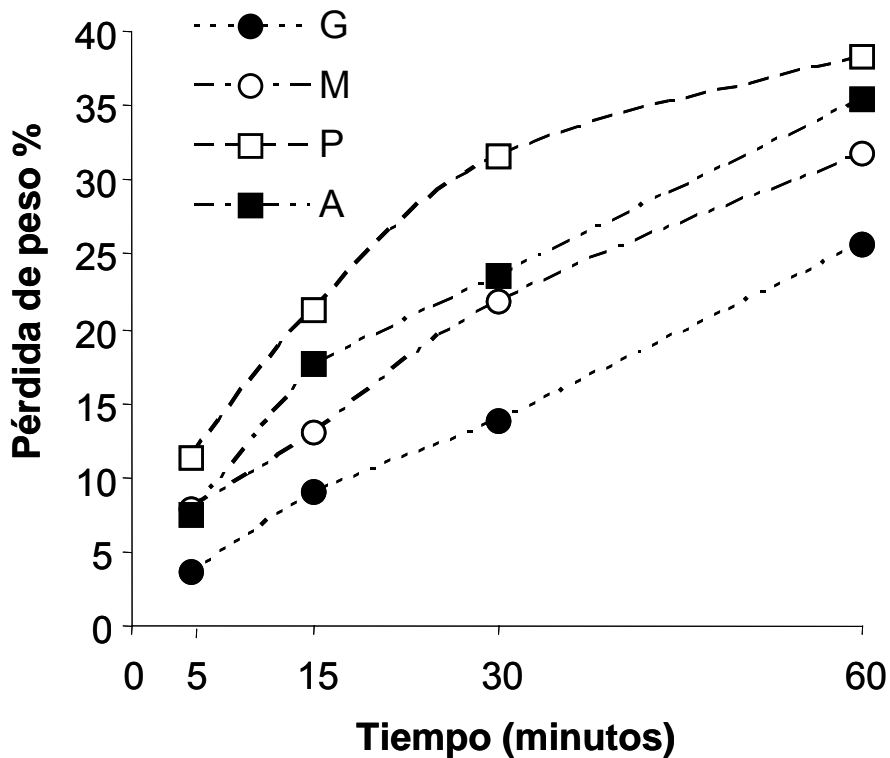


Figura 2. Pérdida de peso de diferentes tipos de esclerocios de *P. omnivora*, grandes (G), medianos (M), pequeños (P) y albinos (A). Después de ser sometidos a desecación durante 5, 15, 30 y 60 minutos a 28 °C.

La **figura 3 A-D** muestra la relación entre la pérdida de peso y la sobrevivencia de los esclerocios de *P. omnívora*. Los esclerocios grandes **figura 3 A** son los que menor pérdida de peso experimentaron alrededor de 30% y una sobrevivencia de 60%. En contraste, los esclerocios albinos perdieron más peso que los grandes (~40%) pero su sobrevivencia fue próxima al 80% **figura 3 D**. Los esclerocios medianos y luego los pequeños fueron los que menor sobrevivencia

alcanzaron con aproximadamente 5 y 20%, respectivamente; para ambos tipos de esclerocios la pérdida de peso fue alrededor del 40% **figura 3 B y C**.

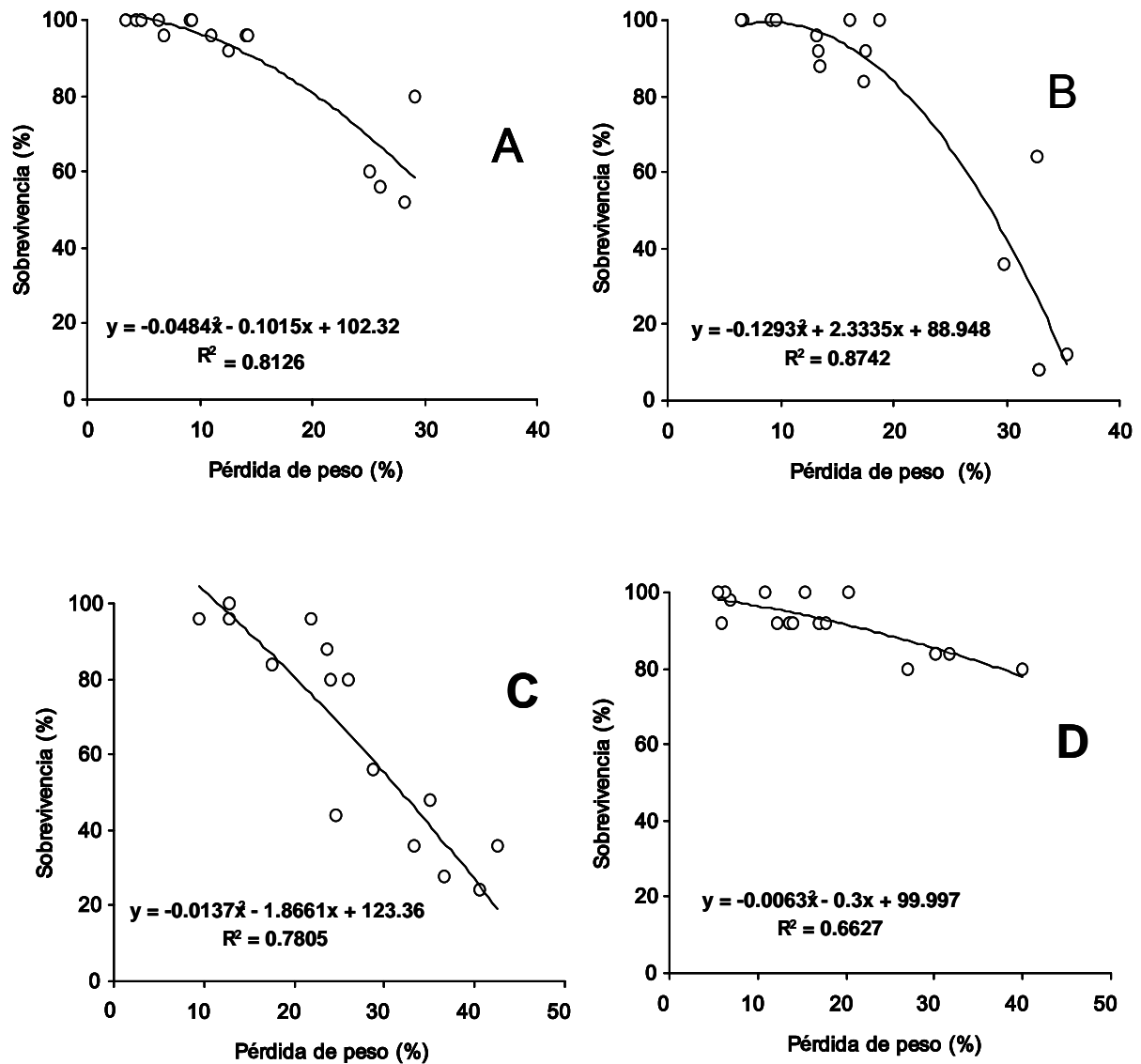


Figura. 3 A-D. Relación entre la supervivencia y pérdida de peso de los diferentes tipos de esclerocios de *P. omnivora*, grandes (A), medianos (B), pequeños (C) y albinos (D). Los esclerocios se desecaron a 28 °C durante 5, 15, 30 y 60 minutos.

Esclerocios pequeños.

El análisis de varianza para la sobrevivencia de los esclerocios pequeños que fueron desecados y luego sometidos a los tratamientos (ninguno o testigo), suelo inundado y adicionado con glucosa (S+G), contacto con NaOCl y suelo a capacidad de campo (SH) fue altamente significativa tanto para los tratamientos como para el tiempo y la interacción de ambos **Cuadro 5**

Cuadro 5. Análisis de varianza para la sobrevivencia de los esclerocios pequeños de *P. omnivora* en función del tiempo de su desecación y tratamientos posteriores

Variables	GL	CM	F	P ≤
Tratamientos	3	2128.84	10.20	<.0001
Tiempo	2	19169.83	91.87	<.0001
Interacción	6	737.76	3.54	.0075

Cv 31.17

La sobrevivencia se vio afectada por cada tratamiento al que fueron sometidos los esclerocios pequeños, si bien, el tratamiento testigo (ANE) fue estadísticamente igual al los tratamientos suelo a capacidad de campo (SH) y suelo adicionado con glucosa (S+G) con una sobrevivencia de entre el 32 y 48%; en el tratamiento NaOCl la sobrevivencia de los esclerocios fue la más alta con un 64% y fue estadísticamente distinta al resto de los tratamientos **Cuadro 6.**

Cuadro 6. Separación de medias de la sobrevivencia de los esclerocios chicos de *P. omnivora* desecados y posteriormente expuestos a tratamientos

Tratamientos	Media [†]	Agrupamiento [‡]
Ninguno	41	bc
Suelo a capacidad de campo	32	c
Suelo adicionado con glucosa	48	b
Solución de NaOCl	64	a

[†] Media de cuatro repeticiones, expresada como porcentaje de sobrevivencia.

[‡] Letras distintas indican medias diferentes según la prueba Diferencia Mínima Significativa ($P \leq 0.05$).

En la **Figura 4** se observa como se afectó la sobrevivencia de los esclerocios pequeños después de que fueron sometieron a desecación y posteriores tratamientos; presentándose una menor sobrevivencia de los esclerocios conforme se incrementa el tiempo de desecación y posterior exposición a cualquier de los tratamientos.

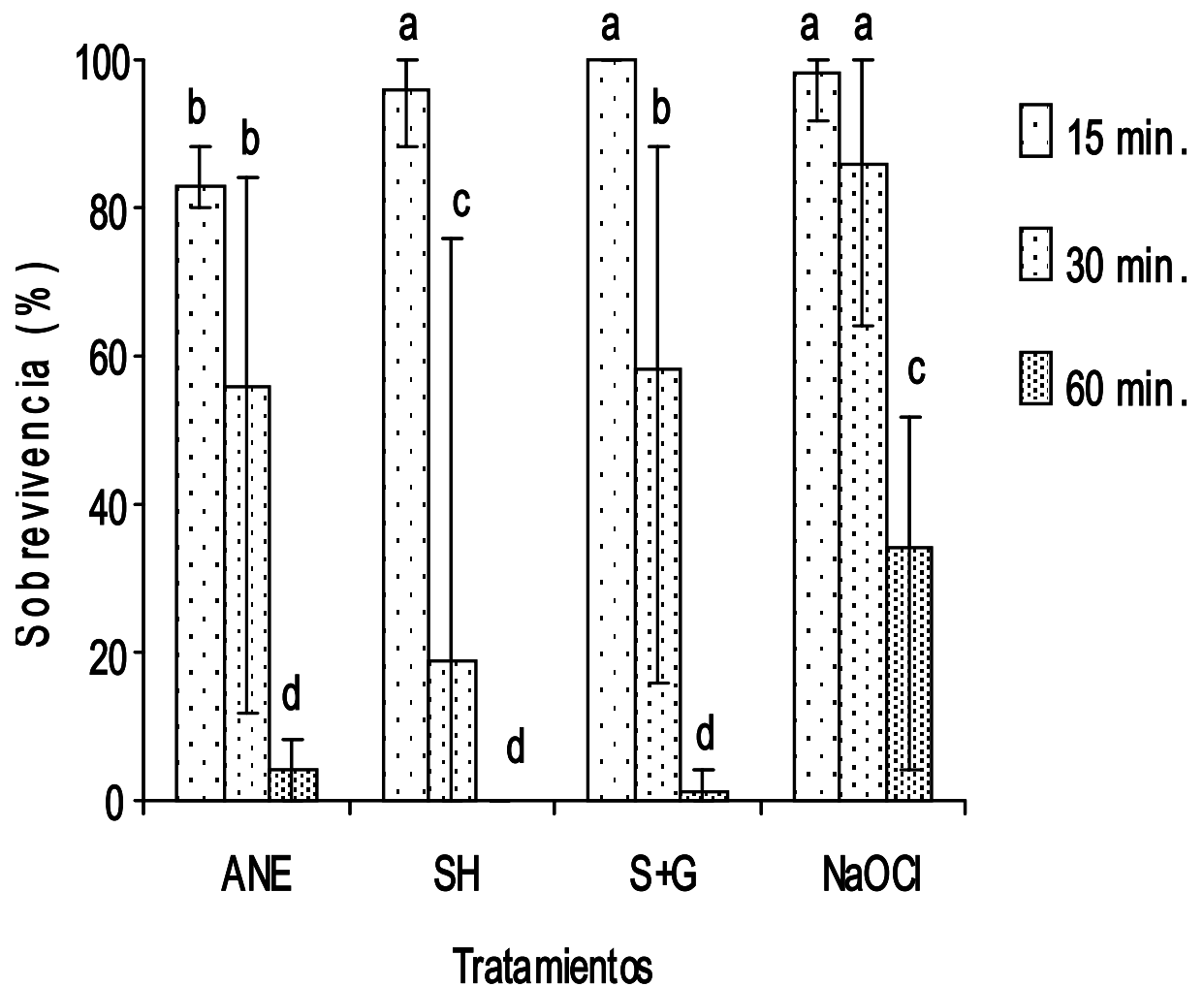


Figura 4. Sobrevivencia de los esclerocios pequeños de *P. omnivora* desecados hasta 60 minutos y, posteriormente someterse a los tratamientos (Testigo esclerocios colocados en arena (ANE), suelo a capacidad de campo (SH), suelo adicionado con glucosa (S+G) y solución de hipoclorito de sodio (NaOCl). Letras distintas significan medias estadísticamente distintas según la prueba Diferencia Mínima Significativa $P \leq 0.05$.

Esclerocios medianos

En los esclerocios medianos la supervivencia presentó diferencia altamente significativa tanto en tratamientos y tiempo de desecación, pero en la interacción de las variables anteriores no existió diferencia significativa **Cuadro 7.**

Cuadro 7 Análisis de varianza para la supervivencia de los esclerocios medianos de *P. omnivora* en función del tiempo de su desecación y tratamientos posteriores

Variables	GL	CM	F	P ≤
Tratamientos	3	1879.99	16.95	<.0001
Tiempo	2	4021.33	36.26	<.0001
Interacción	6	190.78	1.72	0.1445

Cv 15.35

Los esclerocios medianos después de desecarse y ser sujetos a los tratamientos SH y S+G fueron estadísticamente semejantes y su supervivencia fue de 71 y 70% respectivamente, mientras que en el tratamiento con NaOCl se registró 51% de supervivencia y en el tratamiento testigo (ANE) se tuvo 81% de supervivencia, éste último tratamiento fue estadísticamente superior al resto

Cuadro 8.

Cuadro 8. Separación de medias de la sobrevivencia de los esclerocios medianos de *P. omnivora* desecados y posteriormente expuestos a tratamientos

Tratamientos	Media [†]	Agrupamiento [‡]
Ninguno	81	a
Suelo a capacidad de campo	71	b
Suelo adicionado con glucosa	70	b
Solución de NaOCl	51	c

[†] Media de cuatro repeticiones, expresada como porcentaje de la pérdida de peso.

[‡] Letras distintas indican medias diferentes según la prueba Diferencia Mínima Significativa ($P \leq 0.05$).

La **Figura 5**, muestra que los esclerocios medianos sometidos a cualquier tiempo de desecación y posteriormente colocarse en ANE (testigo) presentaron mayor sobrevivencia con respecto a los esclerocios sometidos al resto de los tratamientos. Los esclerocios sometidos a los tratamientos suelo a capacidad de campo (SH), suelo adicionado con glucosa (S+G) y contacto con hipoclorito de sodio (NaOCl) tuvieron un comportamiento estadísticamente semejante en función de la desecación, excepto en el período de desecación de 60 minutos y posterior contacto con NaOCl en donde la sobrevivencia registrada fue la menor (< 20%) **Figura 5**.

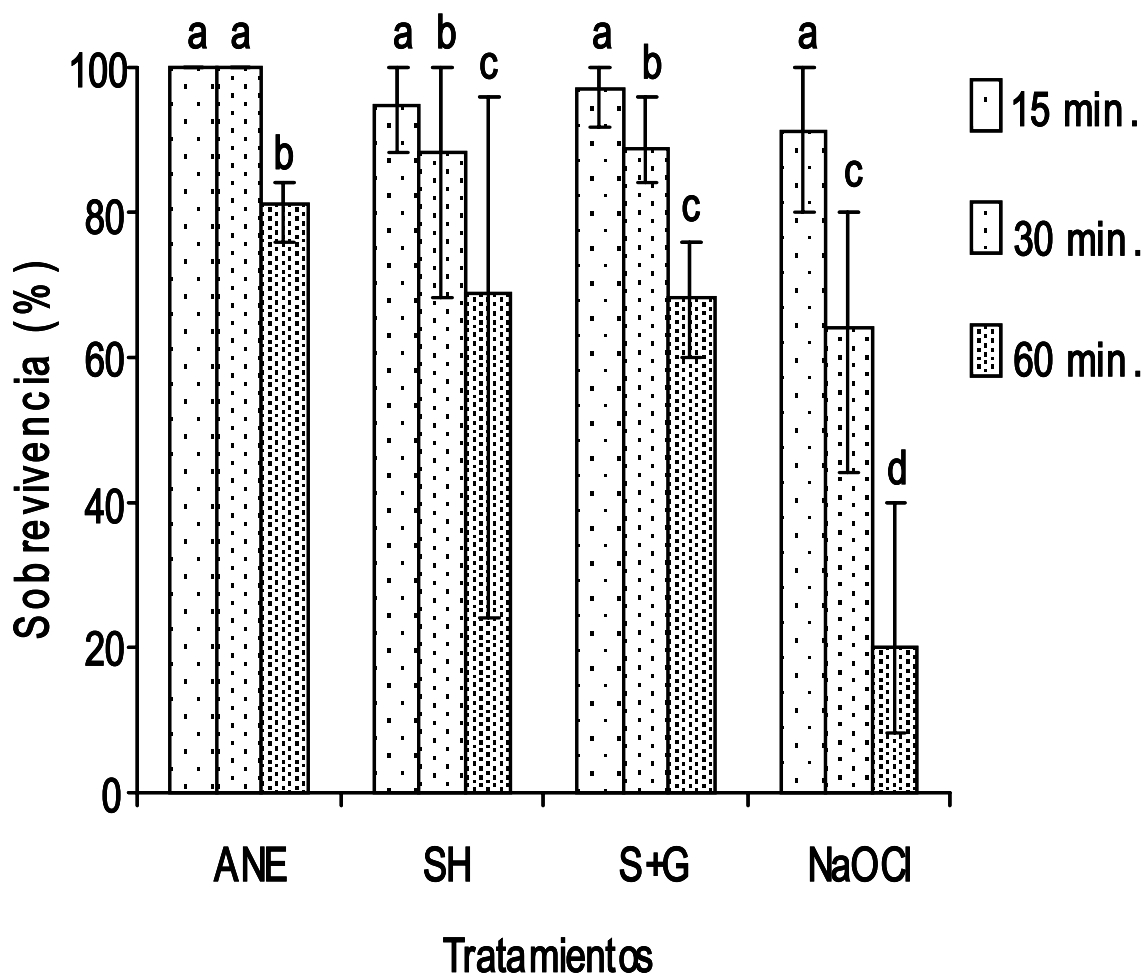


Figura 5. Sobrevivencia de los esclerocios medianos de *P. omnivora* desecados hasta 60 minutos y, posteriormente someterse a los tratamientos (Testigo esclerocios colocados en arena (ANE), suelo a capacidad de campo (SH), suelo adicionado con glucosa (S+G) y solución de hipoclorito de sodio (NaOCl). Letras distintas significan medias estadísticamente distintas según la prueba Diferencia Mínima Significativa $P \leq 0.05$.

Esclerocios grandes.

El tiempo de desecación, los tratamientos posteriores y la interacción de ambos resultaron estadísticamente significativos para los esclerocios grandes, como es señalado en el análisis de varianza **Cuadro 9**.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la sobrevivencia de los esclerocios grandes de *P. omnivora* en función del tiempo de su desecación y tratamientos posteriores

Variables	GI	CM	F	P
Tratamientos	3	2528.10	18.71	<.0001
Tiempo	2	1289.26	9.54	.0005
Interacción	6	418.79	3.10	.0150

Cv 17.84

La sobrevivencia de los esclerocios grandes se vio afectada por cada tratamiento (posterior a su desecación), aunque el tratamiento testigo (ANE) fue estadísticamente igual al tratamiento suelo a capacidad de campo (SH); los tratamientos suelo con glucosa (S+G) y contacto con NaOCl fueron estadísticamente distintos a los mencionados (ANE y SH) pero semejantes entre sí **Cuadro 10**.

Cuadro 10. Separación de medias de la sobrevivencia de los esclerocios grandes de *P. omnivora* desecados y posteriormente expuestos a tratamientos

Tratamientos	Media [†]	Agrupamiento [‡]
Ninguno	78	a
Suelo a capacidad de campo	77	a
Suelo adicionado con glucosa	55	b
Solución de NaOCl	50	b

[†] Media de cuatro repeticiones, expresada como porcentaje de la pérdida de peso.

[‡] Letras distintas indican medias diferentes según la prueba Diferencia Mínima Significativa ($P \leq 0.05$).

La figura 6, muestra la sobrevivencia de los esclerocios grandes después de ser sometidos a desecación y posteriores tratamientos, ahí se indica que en los tratamientos ANE y SH la sobrevivencia tuvo un comportamiento similar. Disminuyó la sobrevivencia de los esclerocios en el tratamiento S+G, pero el tratamiento NaOCl fue el que indujo la menor sobrevivencia de los esclerocios en los tres tiempos de desecación.

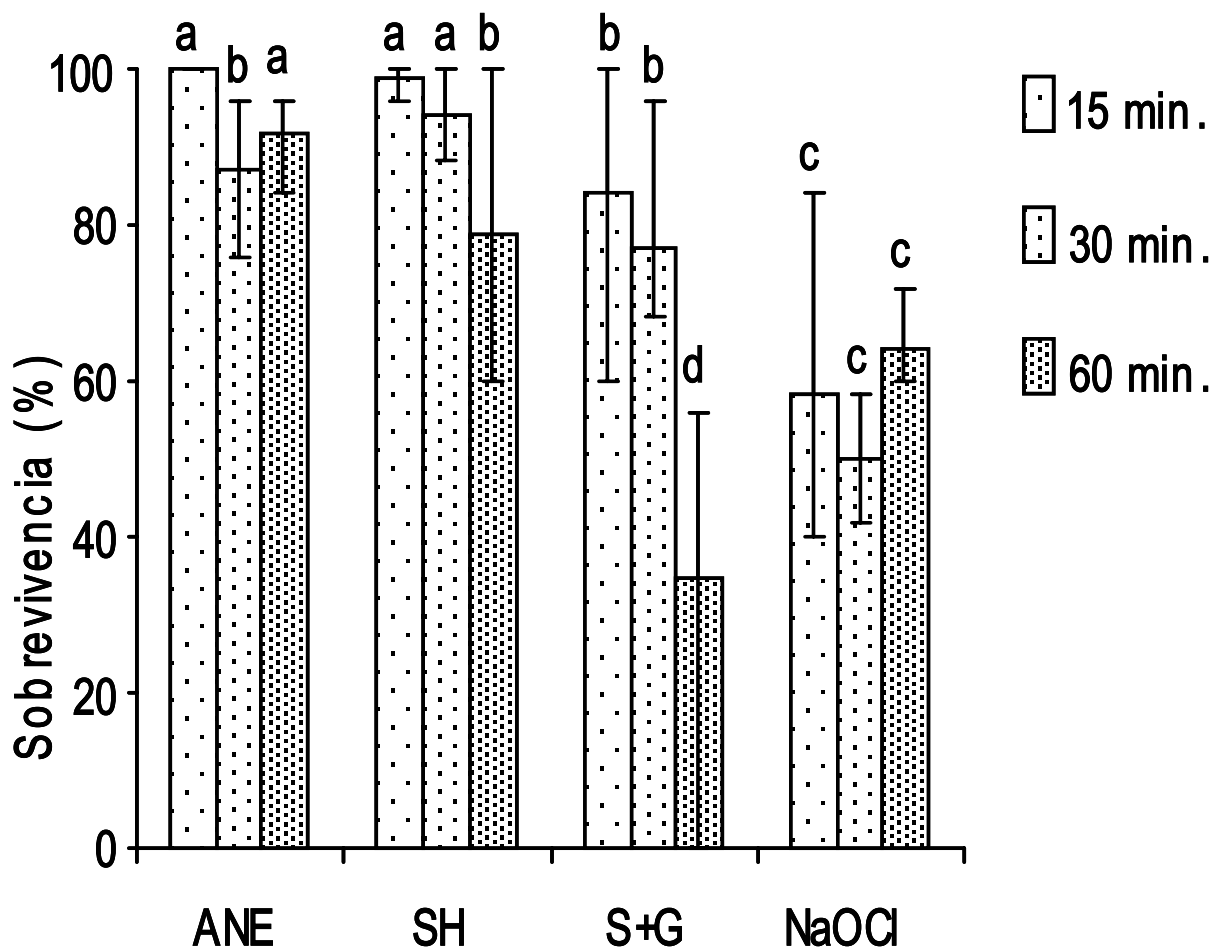


Figura 6. Supervivencia de los esclerocios grandes de *P. omnivora* desecados hasta 60 minutos y, posteriormente someterse a los tratamientos (Testigo esclerocios colocados en arena (ANE), suelo a capacidad de campo (SH), suelo adicionado con glucosa (S+G) y solución de hipoclorito de sodio (NaOCl). Letras distintas significan medias estadísticamente distintas según la prueba Diferencia Mínima Significativa $P \leq 0.05$.

Esclerocios albinos.

El análisis estadístico para la sobrevivencia de los esclerocios albinos presento diferencia altamente significativa al tiempo de desecación y tratamientos, pero no fue significativa a la interacción **Cuadro 11**.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la sobrevivencia de los esclerocios albinos de *P. omnivora* en función del tiempo de su desecación y tratamientos posteriores

Variables	Gl	CM	F	P
Tratamientos	3	867.14	7.06	0.0007
Tiempo	2	4165.29	33.91	<.0001
Interacción	6	204.92	1.67	0.1572

Cv = 16.32

Únicamente el tratamiento NaOCl mostró una sobrevivencia (79%) estadísticamente superior al resto de los tratamientos (ANE, SH y S+G), éstos fueron estadísticamente iguales ente si **Cuadro 12**.

Cuadro 12. Separación de medias de la sobrevivencia de los esclerocios albinos de *P. omnivora* desecados y expuestos posteriormente a tratamientos

Tratamientos	Media [†]	Agrupamiento [‡]
Ninguno	67	b
Suelo a capacidad de campo	66	b
Suelo adicionado con glucosa	59	b
Solución de NaOCl	80	a

[†] Media de cuatro repeticiones, expresada como porcentaje de la pérdida de peso.

[‡] Letras distintas indican medias diferentes según la prueba Diferencia Mínima Significativa ($P \leq 0.05$).

La figura 7, muestra la sobrevivencia de los esclerocios albinos después de ser sometidos a la desecación y posteriores tratamientos, ahí se aprecia que los tratamientos ANE y SH la sobrevivencia tuvo un comportamiento similar, disminuyendo en el tratamiento S+G. El tratamiento NaOCl presento un porcentaje de sobrevivencia superior a los demás tratamientos en todos los tiempos de desecación.

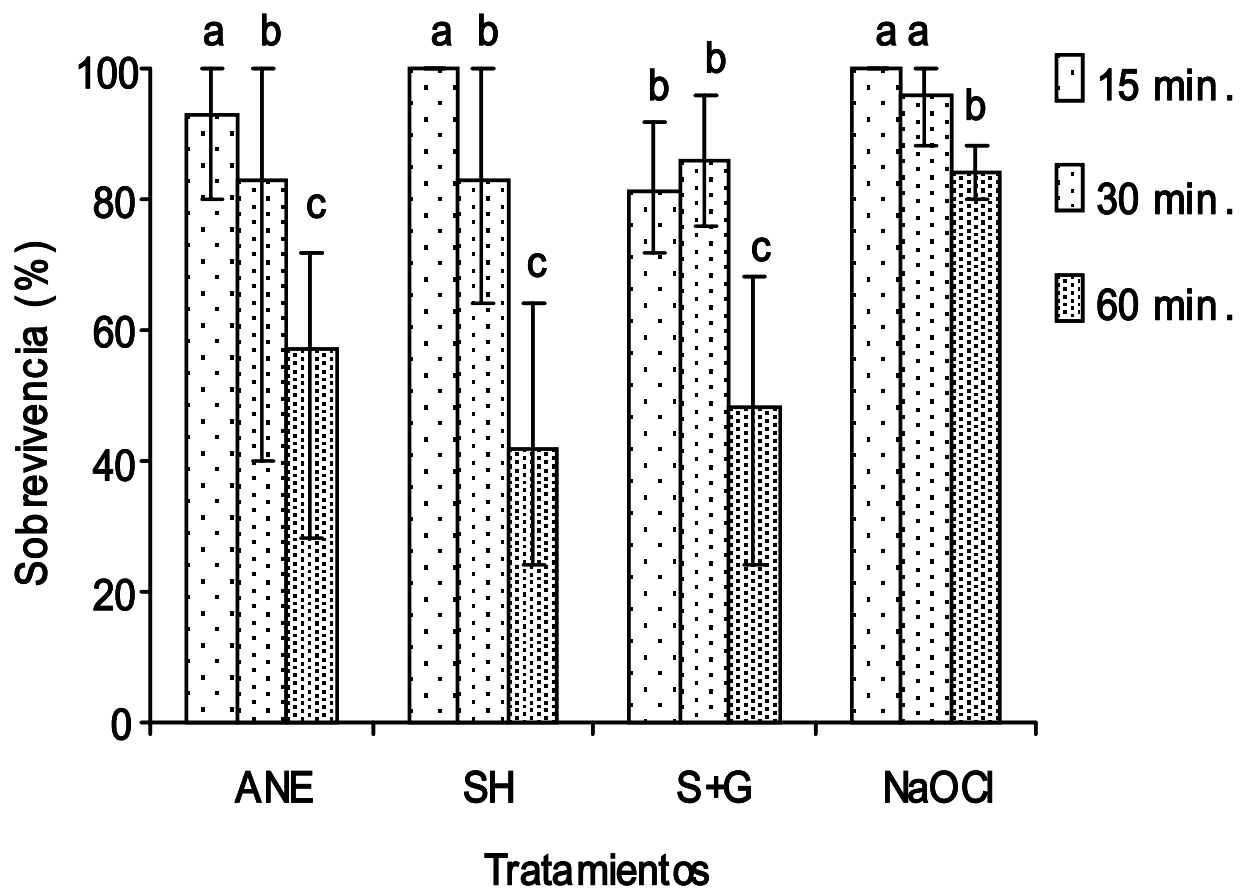


Figura 7. Sobrevivencia de los esclerocios albinos de *P. omnivora* desecados hasta 60 minutos y, posteriormente someterse a los tratamientos (Testigo esclerocios colocados en arena (ANE), suelo a capacidad de campo (SH), suelo adicionado con glucosa (S+G) y solución de hipoclorito de sodio (NaOCl). Letras distintas significan medias estadísticamente distintas según la prueba Diferencia Mínima Significativa $P \leq 0.05$.

DISCUSION

Los resultados preliminares a éste trabajo, registraron una pérdida de peso de los esclerocios desecados entre dos a seis horas de ~ 50%, respectivamente, bajo estas condiciones los esclerocios no lograron sobrevivir a partir de las dos horas.

La desecación de los esclerocios de *P. omnivora* fue distinta de acuerdo al peso inicial y tipo de esclerocio. Los esclerocios de mayor peso inicial perdieron proporcionalmente menos peso que los esclerocios de peso medio o bajo. Plantas de maíz (*Zea mays* L.) y soya (*Glycine max* L.) que fueron mantenidas en macetas de 2.3, 4.1, 9.1 y 16.2 litros lograron desecar (por efecto de transpiración) el suelo (Ray y Sinclair, 1998) de manera análoga a la observada para los esclerocios de *P. omnivora*. Es decir, los esclerocios grandes como las macetas de mayor tamaño tardaron más tiempo en perder peso - humedad (vaciar) que las macetas o esclerocios de menor peso inicial.

Sin embargo, la pérdida neta de peso de los esclerocios de *P. omnivora* fue mayor en los esclerocios grandes, luego en los medianos y finalmente en los pequeños (**Cuadro 1**), ello sugiere que los esclerocios asemejan depósitos de tamaño distinto que pierden peso (por desecación humedad) de acuerdo a su capacidad, es decir, a mayor tamaño más pérdida de peso.

Los esclerocios albinos se asemejan a los esclerocios medianos en cuanto a su pérdida de peso neta y al la proporción de peso perdido **Cuadros 2 y 4**, ello, tal vez, debido a que este tipo de esclerocios fue seleccionado de tamaño medio.

Hongos que producen esclerocios o microesclerocios como *Macrophomina phaseolina* (tassi), *Sclerotinia minor* Jagger, *Sclerotium rolfsii* Sacc, *Verticillium dahliae* Klebs, toleran la desecación desde horas a semanas (Cardona, 2006; Dow *et al.*, 1988; Hawke y Lazarovits, 1994; McLean, 2005; Olaya *et al.*, 1996; Punja y Grogan, 1981). Por el contrario, en este trabajo, se observó que los esclerocios de *P. omnivora* empiezan a disminuir su sobrevivencia al desecarse a partir de 15 minutos.

Conforme se incrementó el tiempo de desecación de los esclerocios su sobrevivencia decreció, si bien, la sobrevivencia de los esclerocios grandes fue mayor a la de los esclerocios medianos y pequeños. Sin embargo, contrario a lo esperado, los esclerocios que perdieron menor sobrevivencia fueron los albinos (**Figura 1**). La relación entre la pérdida de peso y sobrevivencia de los esclerocios (**Figura 2**) muestra que a partir del 30% de la pérdida de peso la sobrevivencia disminuye en por lo menos 50%, excepto para los esclerocios albinos en donde aún después de perder hasta 40% de su peso su sobrevivencia fue alrededor del 80%.

Los esclerocios de *P. omnivora*, así como otros hongos con esclerocios al perder peso (humedad) disminuyen su sobrevivencia (Coley-Smith, 1979).

Las melaninas son pigmentos que tienen múltiples funciones que protegen a los hongos, entre ellas, impiden su desecación, protección contra radiación uv e incluso puede tener efecto antimicrobiano (Bell y Wheeler, 1986; Fogarty y Tobin

1996). El carácter albino de los esclerocios favoreció la pérdida de su peso al desecarse, pero también la mayor sobrevivencia si los comparamos con el resto de los esclerocios (**Figura 3**). Los esclerocios albinos que fueron desecados y posteriormente se colocaron en las cajas con arena para determinar su sobrevivencia, en pocos minutos adquirieron pigmentación. Lo mismo ocurrió cuando los esclerocios albinos desecados que fueron extraídos de los suelos adicionado con glucosa o a capacidad de campo y posteriormente puestos en la arena para que germinaran. La mayor sobrevivencia de los esclerocios albinos podría explicarse a la posible formación de melaninas (adquieren pigmentación) justo al momento de colocarse en arena para que germinaran.

La posible formación de melaninas de los esclerocios albinos también podría explicar su mayor sobrevivencia (en comparación con los otros tipos de esclerocios) después de desecarse y ser expuestos a solución de NaOCl (**Figuras 4 a 7**).

Las diferencias en sobrevivencia de los esclerocios grandes, medianos y pequeños sujetos a ningún tratamiento (**Figura 1**) comparada con los esclerocios similares (**Figuras 4 ANE, 5 ANE y 6 ANE**) puede deberse a la diferencia de peso inicial de los esclerocios. Por ejemplo, el peso inicial de los esclerocios grandes desecados 60 minutos tuvieron un peso promedio de 229 mg y una sobrevivencia de 62% (**Figura 1**), mientras que esclerocios evaluados en condiciones similares pero cuyo peso inicial promedio fue de 257 mg su sobrevivencia fue de 92% (**Figura 6**). Estos resultados sugieren que el peso inicial de los esclerocios es determinante para su posterior capacidad de desecación y sobrevivencia, aún

entre esclerocios de tamaño similar. Esta idea es apoyada por los resultados mostrados en la **Figura 3**, en donde se observa la relación entre la pérdida de peso de los esclerocios y la disminución de su sobrevivencia.

En el tratamiento aplicado suelo adicionado con glucosa (**S+G**) a los esclerocios que fueron desecados previamente 60 minutos, la sobrevivencia más alta fue para los esclerocios de tamaño medio ~70% (**Figura 5**), luego para los esclerocios grandes ~30% (**Figura 6**) y finalmente para los esclerocios pequeños <3% (**Figura 4**). Estos resultados no concuerdan con lo esperado, pues se ha registrado que dosis de glucosa de 2 mg g⁻¹ adicionada al suelo inducen casi por completo la pérdida de sobrevivencia de los esclerocios de *P. omnivora* (Samaniego, 1994). Para explicar lo anterior, existen tres posibilidades o la combinación de dos o más de ellas: i) una de ellas es que los esclerocios desecados sufran algún cambio que les permite tolerar la competencia de los microorganismos promovidos por la glucosa en el suelo; ii) otra opción es que el tiempo de almacenamiento de los esclerocios antes de ser desecados y de aplicarles los tratamientos, debilite a los esclerocios, es decir, los esclerocios grandes son más susceptibles que los medianos debido a que los primeros fueron almacenados más tiempo antes de desecarse y aplicarles el tratamiento suelo (arena) + glucosa; iii) la arena utilizada en donde se adicionó la glucosa estuvo desecada y almacenada por lo menos tres meses a temperaturas que oscilaron de los 25 a los 30 °C .

Después de cosechar los esclerocios fueron almacenados en agua destilada a 10 °C, y el orden en que se evaluaron los esclerocios en los distintos

tratamientos fue: pequeños, medianos, grandes y albinos (ver materiales y métodos); a menudo después de algunas semanas los esclerocios excretan en el agua un pigmento, posiblemente melaninas. La posible excreción de melaninas pudiese ser una consecuencia de un estrés (temperatura de almacenamiento). Tal vez, una fuerte excreción de melaninas de los esclerocios antes de colocarse en arena o ser colocados en arena + glucosa induzca que los esclerocios pierdan sobrevivencia. Esclerocios de *P. omnivora* sometidos a amoniaco anhidro posteriormente excretaron en el medio una gran cantidad de pigmento (tal vez melaninas) Rush y Lyda, (1982).

Conforme se incrementa el tiempo de almacenamiento de los suelos, pueden perder propiedades biológicas, particularmente desaparecen microorganismos, ello trae como consecuencia la falta de capacidad del suelo para degradar pesticidas (Pesaro *et al.*, 2004). La arena (adicionada con glucosa) usada en este trabajo pudo haber cambiado su composición microbiana por efecto del almacenamiento mencionado, lo que a su vez, permitió una sobrevivencia elevada de los esclerocios (**Figuras 5 a 7**).

La aplicación o combinación de la inundación y adición de glucosa, carbohidrato solubles o residuos frescos de cultivos en suelo induce importantes cambios fisicoquímicos y biológicos, como el incremento de la actividad microbiana o metabólica (Alden *et al.*, 2001); el consumo de oxígeno y decrecimiento del potencial oxido – reducción (Alexander, 1980; Ponnampuruma, 1972). El efecto de la inundación es la disminución del potencial oxido – reducción, lo que puede inducir el decrecimiento de la sobrevivencia de hongos

fitopatógenos que habitan el suelo y atacan raíces (Blok *et al.*, 2000 y 2004; Bonanomi *et al.*, 2007; Crowe y Debons, 1992; Joshi, 1988; Hyakumachi y Lockwood, 1989; Menzies, 1962; Pullman y DeVay, 1982; Samaniego, 1991, 1992; Samaniego y Rivera, 1992; Stover, 1955; Taubenhause *et al.*, 1931; Watson, 1964; White y Kenerley, 1986).

Muchos métodos de control de la pudrición texana se han implementado, desde la rotación de cultivos (Rush, 1989), aplicación de fungicidas y fumigantes (Lyda y Burnett, 1970; Rush, 1982 y 1984; Whitson e Hine, 1986) y manejo como el subsoleo (Rush, 1984). Los resultados obtenidos aquí explican en parte por que el subsoleo resultó ser un método más eficiente que la aplicación del amoniaco anhidro, puesto que los esclerocios y micelio podrían quedar expuestos a la intemperie y desecarse. Se recomienda el método Arizona como un tratamiento para restablecer frutales en sitios en donde previamente murieron por causa de la pudrición texana (Herrera y Samaniego, 2002). La desecación del suelo podría ser un método barato tan eficaz como el tratamiento Arizona para erradicar la pudrición texana en el suelo que se pueda tratar.

Tanto los esclerocios como el micelio de *P. omnivora* no germinan o crecen respectivamente en potencial osmótico entre 1000 a 1500 - KPa (Stapper, *et al.*, 1984); tampoco el micelio sobrevive a bajos niveles de humedad en el suelo (Wheeler e Hine, 1972). Por tanto, los esclerocios y micelio de *P. omnivora* parecen ser muy susceptibles a bajos niveles de humedad en el suelo (Kenerley y Jeger, 1990) y sobretodo a la desecación como se determinado en esta tesis.

CONCLUSIONES

- La proporción de pérdida de peso de los esclerocios a través del tiempo disminuye de acuerdo al orden siguiente chico, mediano y grande, aunque los esclerocios albinos desecados perdieron peso de manera semejante a los medianos.
- En contraste, en orden decreciente, el mayor peso perdido de los esclerocios desecados fue; grande, mediano y chico, mientras que los albinos perdieron peso como los medianos.
- La sobrevivencia de los esclerocios desecados decreció en el siguiente orden: albinos, grandes, medianos y chicos.
- Se correlacionó la pérdida de peso de los esclerocios desecados contra su sobrevivencia con R^2 de 0,81, 0,87, 0,78 y 0,66 para los esclerocios grandes, medianos, pequeños y albinos, respectivamente.
- Después de desecar 60 minutos a los esclerocios grandes, medianos, chicos y albinos en promedio perdieron 40, 85, 70 y 20% de su sobrevivencia, respectivamente.
- Los esclerocios desecados entre 15 a 60 minutos, y posteriormente sometidos a tratamientos (ninguno, inmerso en NaOCl, enterrados dos semanas en suelo a capacidad de campo y enterrados en suelo inundado adicionado con 2 mg g^{-1} de glucosa) su sobrevivencia disminuyó conforme se incrementó el tiempo previo de desecación, aunque cada tipo de esclerocio varió su sobrevivencia de acuerdo a cada tratamiento.

LITERATURA CITADA

- Alden, I., Demoling, F. y Bååth, E 2001. Method of determining factors limiting bacterial growth in soil. *Applied and Environmental Microbiology* 67: 1830-1838.
- Alderman, S. C. e Hine, R. B. 1982. Vertical distribution in soil and induction of disease by strands of *Phymatotrichum omnivorum* *Phytopathology* 72:409-412.
- Alexander, M. 1980. *Introduction to Soil Microbiology*. 2ed. John Wiley and Sons. New York, N.Y., USA. 467 p
- Barnett, H. L. y Hunter, B. B. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Fourth Edition. APS Press. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. 218 p.
- Bell, A. A. y Wheeler, M. H. 1986. Biosynthesis and functions of fungal melanins. *Annu. Rev. Phytopathol.* 24: 411-451.
- Blok, J. W., y van Bruggen C. H. A. 2004. Long-Term effect of biological soil disinfestations on *Verticillium Wilt*. *Plant Disease* 88:688-694.
- Blok, W. J., Lamers, J. G., Termorshuizen, A. J., y Bollen, G. J. 2000. Control of soilborne plant pathogens by incorporating fresh organic amendments followed by taping. *Phytopathology* 90:253-259.
- Bonanomi, G., Antignani, V., Pane, C. y Scala, F. 2007. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *Journal of Plant Pathology* 89: 311-340.

- Cardona, R. 2006. Vertical distribution of sclerotia of *Macrophomina phaseolina* in a natural infested soil in Portuguesa state. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 23: 283-290.
- Cebreros-Sánchez. F. y Ramírez-Villapudua, J. 1980. Hospedantes e importancia de la pudrición texana (*Phymatotrichum omnivorum*) (Shear) Duggar) en Sinaloa. Memorias IX Congreso Nacional de Fitopatología, SMF, Uruapan, Mich. Julio 1980.
- Chavez, H. B., Bloss, H. E., Bolye, M., Mand, A. y and Gries, G. A. 1976. Effects of crop residues in soil on *Phymatotrichum omnivorum* root rot cotton. Mycopathologia 58:1-7.
- Coley-Smith, J. R. 1979. Survival of plant pathogenic fungi in soil the absence of host plants. Pages 39-57. In: Schippers, B., and Gams, W. (eds.). Soil-Borne Plant Pathogens. Academic Press, London, 686 p.
- Crowe, F. J. y Debons, J. 1992. Effect of in season flooding on white rot of garlic and survival of *Sclerotium cepivorum*. Phytopathology 82: 1108 (Abstract).
- Dow, R. L., Porter, D. M. y Powell, N. I. 1988. Effect of enviromental factors on *Sclerotinia minor* and Sclerotinia blight of peanut. Phytopthology 78: 672-676.
- Filonow, A. B. y Lockwood, J. L. 1979. Conidial exudation by *Cochilobolus victoriae* on soils in relation to soil mycostasis. Pages 107-119. In: Schippers, B., and Gams, W. (eds.). Soil-Borne Plant Pathogens. Academic Press, London, 686 p.

- Fogarty, R. V. y Tobin, J. M. 1996. Fungal melanins and their interactions with metals. *Enzyme Microb. Technol.* 19: 311-317.
- Fundación Noble. 2005; <http://www.noble.org/Events/Medicago2005/premeeting.html>. Consultado enero 24, 2007.
- Galván-Llamas, R. 1985. Efecto de los fungicidas Topsin M y Tilt, en dos diferentes métodos de aplicación, para el control de pudrición texana en nogal. Informe de Investigación Agrícola en Fruticultura. Campo Experimental Delicias. INIFAP-SARH. Delicias, Chihuahua, México. p. 87-97.
- Galván-Llamas, R. 1986. Factores físicos y químicos del suelo que limitan el desarrollo de pudrición texana y el crecimiento radical en el cultivo de nogal. Informe de Investigación Agrícola en Fruticultura. Campo Experimental Delicias. INIFAP-SARH. Delicias, Chihuahua, México. p. 485-512.
- Galván-Llamas, R. 1990. Validación del control químico para recuperar árboles de nogal con síntomas medios de pudrición texana (*Phymatotrichum omnivorum*). Informe de Investigación Agrícola en Fruticultura. Campo Experimental Delicias. INIFAP-SARH. Delicias, Chihuahua, México. p. 1-30.
- Hawke, M. A. y Lazarovits, G. 1994. Production and manipulation of individual microesclerotia of *Verticillium dahliae* for use in studies of survival. *Phytopathology* 84: 883-890
- Hawke, M. A. y Lazarovits, G. 1994. Production and manipulation of individual microesclerotia of *Verticillium dahliae* for use in studies of survival. *Phytopathology* 84: 883-890.

- Henis, Y. y Papavizas, G. C. 1983. Factors affecting germinability and susceptibility to attack *Trichoderma harzianum* in field soil. *Phytopathology* 73:1469-1474.
- Herrera-Pérez, T. 1974. Evaluación de fumigantes y mejoradores y químicos del suelo como tratamiento a sitios para prevenir reinfección por pudrición texana en nogal. Informe de Investigación Agrícola en Fruticultura. Campo Experimental La Laguna. INIFAP-SARH. Matamoros, Coahuila, México. p. 10-23.
- Herrera-Pérez, T. 1981. Incidencia y distribución de pudrición texana del nogal pecanero en la Comarca Lagunera (Resumen). Memorias III Congreso Nacional de Fruticultura. Agosto 1981. Guadalajara, Jal. CONAFRUT-SARH. p. 240.
- Herrera-Pérez, T. 1989. Efecto de la intensidad de poda y dosis de estiércol sobre el vigor y producción de árboles de nogal con síntomas fuertes a severos de pudrición texana.. Memorias del XVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Montecillo, Edo. de México. p. 164.
- Herrera-Pérez, T. y Arreola-Ávila, J. 1989. Estimación de la relación entre el daño a la raíz por *Phymatotrichum omnivorum* y el crecimiento vegetativo del nogal pecadero *Carya illinoensis*. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP-SARH. Informe de investigación en Fruticultura 1989.
- Herrera-Pérez, T. y Samaniego-Gaxiola, J. A. 2002. Enfermedades del nogal. pp. 177-206. En: J. Arreola-Ávila y Reyes-Juárez, I. (eds.). Tecnología de

- Producción del Nogal Pecanero. Campo Experimental La Laguna. INIFAP. Matamoros, Coahuila, México. 220 p.
- Hyakumachi, M. y Lockwood, J. L. 1989. Relation of carbon loss from sclerotia of *Sclerotium rolfsii* during incubation in soil to decreased germinability and pathogenic aggressiveness. *Phytopathology* 79:1059-1063.
- Joshi, V. K. 1988. Potential for reducing survival of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* in the fraser valley of Brithish Columbia. MS Thesis. Simon Fraser University, Canada. 66p.
- Kenerley, C. M. y Jeger, M. J. 1990. Root colonization by *Phymatotrichum omnivorum* and symptom expression of Phymatotrichum root rot in cotton in relation to planting date, soil temperature and soil moisture. *Plant Pathology* 39: 489-500.
- Lyda, S. D. 1978. Ecology of *Phymatotrichum omnivorum*. *Annual Review of Phytopathology* 16:193-209.
- Lyda, S. D. y Burnett, E. 1970. Influence of benzimidazole fungicides on *Phymatotrichum omnivorum* and Phymatotrichum root rot of cotton. *Phytopathology* 60: 726-728.
- Maiti, S y Sen, C. 1988. Effect of moisture and temperature on the survival of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* in soil. *Journal Phytopathology* 121: 175-180.
- McLean, K. L., Harper, G. E. Frampton, C. M. y Stewart, A. 2005. Dormancy of *Sclerotium cepivorum* sclerotia in new zealand soils. *New Zealand Plant Protection* 58:245-250.

- Medina, M. E. 1984. Estudio del suelo asociado con mortandad de árboles de manzano (*Malus* spp.) en la región de Nuevas Casas Grandes, Chihuahua. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 190 p.
- Medina, M. E. y Aguilar, P. J. 1985. Características del suelo asociadas con pudrición texana (*P. omnivorum*) en huertas nogaleras del norte de Coahuila. Informe de Investigación Agrícola en Fruticultura. Campo Agrícola Experimental Zaragoza. INIFAP-SARH. Matamoros, Coahuila, México. p. 506-520.
- Medina, M. M. del C., y Lagarda, M. A. 1979. Pruebas de adaptación de tipos de criollos y cultivares de pistacho (*Pistacia vera*) bajo las condiciones ecológicas de la Comarca Lagunera. Informe de Investigación Agrícola en Fruticultura. Campo Agrícola Exp. La Laguna. INIFAP-SARH. Matamoros, Coahuila, México. p. 17- 35.
- Menzies, J. D. 1962. Effect of anaerobic fermentation in soil on survival of sclerotia of *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 52: 743
- Mondal, S. N. y Hyakumachi, M. 1998. Carbon loss and germinability, viability, and virulence of chlamydospores of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* after exposure to soil at different pH levels, temperatures, and matric potentials. *Phytopathology* 88: 148-155.
- Mondal, S. N., Kageyama, K. y Hyakumachi, M. 1995. Germinability, viability, and virulence of chlamydospores of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* as affected by the loss of endogenous carbon. *Phytopathology* 85: 1238-1244.

- Mueller, J. P., Hine, R. B., Pennington, D. A. e Ingle, S. J. 1983. Relationship of soil cations to the distribution of *Phymatotrichum omnivorum*. *Phytopathology* 73: 1365-1368.
- Mulrean, E. N., Hine, R. B. y Mueller, J. P. 1984. Effect of *Phymatotrichum* root rot on yield and seed and lint quality in *Gossypium hirsutum* and *G. barbadense*. *Plant Disease* 68: 381-383.
- Nelson, M. R. 1984. *Phymatotrichum* root rot. Primer Simposio Internacional sobre pudrición Texana. P. 30-58. Escuela de Agricultura y Ganadería Univ. de Sonora.
- Olaya, G. y Abawi, G. S. 1996. Effect of water potential on mycelial growth and on production and germination of sclerotia of *Marcrophomina phaseolina*. *Plant Disease* 80: 1347-1350.
- Olaya, G., Abawi, G. S. y Barnar, J. 1996. Influence of water potential on survival of sclerotia in soil and on colonization of bean stem segments by *Marcrophomina phaseolina* . *Plant Disease* 80: 1351-1354.
- Olsen, M. W., Hine, R. B. y Dutt, G. R. 1988. Control of *Phymatotrichum* root rot of wine grapes in calcareous soils with amonium-thiosulfate applied in drip irrigation systems. *Phytopathology* 78:1521 (Abstract).
- Percy, R. G. 1983. Potential range of *Phymatotrichum omnivorum* as determined by edaphic factors. *Plant Disease* 67:981-983.
- Pesaro, M., Nicollier, G., Zeyer, J y Widmer, F. 2004. Impact of soil drying-rewetting stress on microbial communities and activities and on degradation of

- two crop protection products. *Applied and Environmental Microbiology* 70: 2577–2587.
- Ponnamperuma, F. N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy* 24:29-96.
- Prostko, P. E., Muir, P. J., Vestal, M. D. y Stokes, R. S. 1998. Alfalfa variety performance in central Texas. http://stephenville.tamu.edu/~butler/foragesoftexas/ForageResearch/1998/alfalfa_performance.pdf
- Pullman, G. S. y DeVay, J. E. 1982. Effect of soil flooding paddy rice culture on the survival of *Verticillium dahliae* and incidence of Verticillium wilt in cotton. *Phytopathology* 72: 1285-1289.
- Punja, Z. K. y Grogan, R. G. 1981. Mycelial growth and infection without a food base by eruptively germinating sclerotia of *Sclerotium rolfsii*. *Phytopathology* 71: 1099-1103.
- Ramírez-Villapudua, J. 1991. Cultivo y Enfermedades del Mango. Universidad Autónoma de Sinaloa.. Culiacán, Sinaloa, México. 137 p.
- Ramírez-Villapudua, J., Estrada-Ramírez, J. F. y Sáinz-Rodríguez, R. A.. 1995. Enfermedades del algodón, descripción y sintomatología. En Manejo Fitosanitario del Algodonero. Ed. SAGDR-Universidad Autónoma de Sinaloa, México. Del 4 al 8 de diciembre de 1995. pág. 202-220. México.

- Ramírez-Villapudua, J., Sáinz-Rodríguez, R. A. y Quiñónez-Felix, J. A. 2006. Cultivo, Enfermedades y Plagas del Mango, bajo el Sistema Convencional y Orgánico. Gobierno del Estado de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México.
- Ray, D. J. y Sinclair, R. T. 1998. The effect of pot size on growth and transpiration of maize and soybean during water deficit stress. *Journal of Experimental Botany* 49: 1381–1386.
- Rush, C. M. 1984. Evaluation of deep-chiseled anhydrous ammonia as a control for *Phymatotrichum* root rot of cotton. *Plant Disease* 74: 291-293.
- Rush, C. M. y Gerik, T. J. 1989. Relationship between post harvest management of grain sorghum and *Phymatotrichum* root rot in subsequent cotton crop. *Phytopathology* 73:304-305.
- Rush, C. M. y Lyda, S. D. 1982. Effects of anhydrous ammonia on mycelium and sclerotia *Phymatotrichum omnivorum*. *Phytopathology* 72: 1085-1089.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. 1992. Relación entre el nivel de humedad y sacarosa en el suelo y la disminución de la viabilidad de los esclerocios de *Phymatotrichum omnivorum*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 10: 126-133.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. 1991. Relación entre la actividad microbiana y la viabilidad de los de *Phymatotrichum omnivorum* en suelos complementados con paja de trigo de alfalfa y paja de trigo inoculada con *Trichoderma* sp. *Revista Mexicana de Fitopatología* 9: 111-120.

- Samaniego-Gaxiola, J. A. 1994. Viabilidad de los esclerocios de *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Dugg. en suelos inundados y complementados con glucosa. Rev. Mex. de Fitopatol. 12: 125-133.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. 2007. Research perspectives on *Phymatotrichopsis omnivora* and the disease it causes. Agricultura Técnica en México 33: 309-318.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. Herrera-Pérez, T. y Santamaría-Cesar, J. 1998. Influencia de las condiciones de suelo de manejo de las huertas de nogal pecanero con el incremento de la pudrición texana y pérdidas en el cultivo. VI Simposium Internacional Nogalero. Torreón, Coahuila, México. p. 56-62.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. y Herrera-Pérez, T. 2003. Producción de Nuez en Nogales [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K.] atacados por *Phymatotrichopsis omnivora* (Dugg.) Hennebert. Revista Mexicana de Fitopatología 2: 326-333.
- Samaniego-Gaxiola, J. A. y Rivera-González, M. 1992. Factores que afectan la viabilidad de los esclerocios de *Phymatotrichum omnivorum* y su susceptibilidad a *Trichoderma* sp. Revista Mexicana de Fitopatología 10:116-125.
- Samaniego-Gaxiola, J. A., Herrera-Pérez, T., Pedroza-Sandoval, A. y Santamaría-Cesar, J. 2001. Relación entre las condiciones de suelo y manejo de las huertas de nogal pecanero con la dinámica de la pudrición texana. Revista Mexicana de Fitopatología 19: 10-18.

- SAS Institute, Inc. SAS User's guide: Statistics, Version 6.03, 1988. Cary, North Carolina, USA.
- Smith, R. B. y Hallmark, C. T. 1987. Selected chemical and physical properties of soil manifesting cotton root rot. *Agronomy Journal* 79:155-159.
- Stapper, M. F., Lyda, S. D. y Jordan, W. R. 1984. Temperature x water potencial interactions on growth and sclerotial germination of *Phymatotrichum omnivorum*. *Phytopathology* 74: 509-513.
- Stover, R. H. 1955. Flood-following for eradication of *Fusarium oxysporum* f *cubense*. III. Effect of oxygen on fungus survival. *Soil Science* 80: 397-412.
- Streets, R. B. y Bloos, H. E. 1973. *Phymatotrichum* root rot. Monograph No. 8. American Phytopathological Society.
- Tarango, R. S. H. y Herrera-Pérez, T. 1997. Efecto de la cantidad de inóculo y tiempo de incubación de *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Dugg. en el daño radical de pistachero *Pistacia atlántica* (Def.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 15: 48-51.
- Taubenhaus, J. J., Ezekiel, W. N. y Lusk, J. P. 1931. Preliminary studies on the effect of flooding on *Phymatotrichum* root rot. *American Journal of Botany* 18:95-101.
- Valle, G. P. 1977. Evaluación de tiofanato metílico y benomyl para control de *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Dugg. del nogal en la Región Lagunera. En: VI Ciclo de Conferencias Internacionales de los productores de Nuez en la República Mexicana. CONAFRUT-SARH. Torreón, Coahuila, México. p. 67-72.

- Watson, R. D. 1964. Eradication of soil fungi by combination of crop residues, flooding, and anaerobic fermentation. *Phytopathology* 56: 1437 (Abstract).
- Wheeler, J. E. e Hine, R. B. 1972. Influence of soil temperature and moisture on survival and growth of strands of *Phymatotrichum omnivorum*. *Phytopathology* 62: 828-832.
- White, T. L. y Kenerley, C. M. 1986. Germination of *Phymatotrichum omnivorum* sclerotia in Houston black clay soil. *Phytopathology* 76: 1745 (abst).
- Whitson, R. S. e Hine, R. B. 1986. Activity of propiconazole and other sterol-inhibiting fungicides against *Phymatotrichum omnivorum*. *Plant Disease* 70:130-133.